

بررسی راندمان حذف آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS) در برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد

سید وحید غلمانی^۴
ابراهیم شاهسونی^۶

محمد رضا سمائی^۳
عاطفه هنردوست^۶

محمد حسن احرامپوش^۲
مجید دهقان^۶

اصغر ابراهیمی^۱
پروانه طالبی^۵

(دریافت ۸۷/۱۲/۱۱ پذیرش ۸۹/۵/۲۰)

چکیده

سورفاکتانت‌ها مواد شیمیایی آلی هستند که به مقدار زیادی در پاک‌کننده‌ها استفاده می‌شوند. در میان سورفاکتانت‌های آنیونی، آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS) بیشترین استفاده را دارد. تخلیه فاضلاب خام یا تصفیه شده به محیط، باعث بروز مشکلات زیست‌محیطی عمده‌ای می‌گردد. در این مطالعه ۶۴ نمونه فاضلاب به مدت یک سال برداشت شد و بر اساس روشهای استاندارد آنالیز گردید. بررسی نتایج حذف سورفاکتانت‌های آنیونی در برکه‌ها در فصول مختلف نشان داد که بیشترین راندمان حذف سورفاکتانت‌های آنیونی در فصل تابستان و در برکه اختیاری ثانویه و کمترین آن در پاییز و در برکه بیهوازی است. همچنین نتایج حاصله نشان داد که براساس استاندارد محیط زیست، پساب خروجی از برکه‌های تثبیت شهر یزد برای تخلیه به آبهای سطحی، مصارف کشاورزی و تخلیه به چاه جاذب با $P \text{ value} < 0/05$ دارای اختلاف معنی‌دار و بالاتر از حد مجاز است.

واژه‌های کلیدی: برکه‌های تثبیت، آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS)

Removal Efficiency of Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) in Yazd Stabilization Pond

Asghar Ebrahimi¹ Mohammad Hasan Ehrampoosh² Mohammadreza Samaie³ Seyed Vahid Ghelmani⁴
Parvaneh Talebi⁵ Majid Dehghan⁶ Atefe Honardoost⁶ Ebrahim Shahsavani⁶

(Received March 2, 2009 Accepted Aug. 11, 2010)

Abstract

Surfactants are organic chemicals with wide applications as detergents. Linear alkyl benzene sulfonate (LAS) is an anionic surfactant most commonly used. Discharge of raw or treated wastewater containing this chemical into the environment causes major public health problems. In this study, 64 samples were taken from the effluent of Yazd Wastewater Treatment Plant over a period of one year. The samples were analyzed according to standard methods. The results obtained from the samples taken in different seasons showed that the highest efficiency of anionic surfactant removal was achieved in the summer in the secondary facultative stabilization pond. The least efficiency was observed in the autumn in samples from the anaerobic stabilization pond. It was also found that treated wastewater discharged into surface waters, reused for agricultural irrigation, or discharged into absorbent wells had significant differences with $P_{\text{value}} < 0.5$ and contained surfactant contents higher than those recommended by environmental standards in all cases.

Keywords: Stabilization pond, Alkyl benzene sulfonate (LAS).

1. Faculty Member of Environmental Health, Faculty of Public Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd (Corresponding Author) (+98 311) 2225609 ebrahimi20007@gmail.com
2. Assoc. Prof. of Environmental Health, Faculty of Public Health., Yazd University of Medical Sciences, Yazd
3. Ph.D. Student of Environmental Health, Faculty of Public Health, Tarbiat Modares University, Tehran
4. Wastewater Treatment Plant Manager of Yazd
5. Chemistry Lab. Expert , Faculty of Public Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd
6. B. A. Student of Environmental Health, Faculty of Public Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd

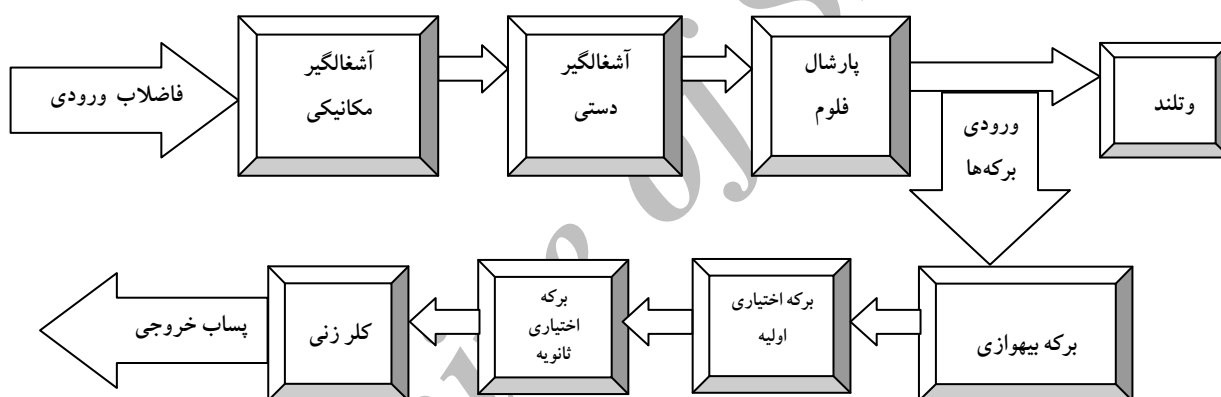
- ۱- عضو هیئت علمی گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یزد (نویسنده مسئول) ۲۲۲۵۶۰۹ (۰۳۱۱) ebrahimi20007@gmail.com
- ۲- دانشیار گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یزد
- ۳- دانشجوی دکتری بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه تربیت مدرس تهران
- ۴- مدیر تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد
- ۵- کارشناس آزمایشگاه شیمی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یزد
- ۶- دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی یزد

۱- مقدمه

دترجنت‌ها شامل سورفاکتانت‌ها، مواد سازنده، سیلیکات‌های سدیم (ضد خوردگی)، آمین‌ها (تثبیت کننده چرک) و سولفونات سدیم (پرکننده) است. سورفاکتانت‌ها به عنوان مواد فعال سطحی، اجزای اصلی تشکیل دهنده دترجنت‌ها محسوب می‌شوند [۴]. سورفاکتانت‌ها مولکول‌های بزرگی هستند که به مقدار کمی در آب محلول بوده و باعث ایجاد کف در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و آبهای پذیرنده می‌شوند [۵]. بسیاری از سورفاکتانت‌ها قابلیت تجزیه بیولوژیکی نسبتاً کمی دارند و اغلب آنها سمیت بالایی دارند. بیشترین نگرانی در مورد سورفاکتانت‌ها، کاهش کشش سطحی آب و متعاقب آن کاهش انتقال اکسیژن به آب است [۶ و ۷]. این ترکیبات سبب تغییر طعم و بو، اختلال در فرایندهای تصفیه آب، افزایش هزینه‌های تصفیه و مرگ آبزیان نیز می‌شوند. سورفاکتانت‌ها در غلظتهای بالاتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر تولید کف پایدار در سطح آب می‌نمایند. رشد گیاهان آبزی و جلبکها موجب افزایش مصرف اکسیژن حل شده در آب و مرگ و میر ماهی‌های

برکه‌های تثبیت فاضلاب، فرایندی ساده، کم هزینه و با راهبری آسان به منظور تصفیه فاضلابهای شهری حتی در نواحی گرمسیری جهان است که معمولاً به صورت یکسری از برکه‌های بی‌هوایی، اختیاری و تکمیلی استفاده می‌شود. در این سیستم، آلاینده‌ها از طریق ته‌نشینی و یا تبدیل طی فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی از جریان فاضلاب حذف می‌شوند [۱]. شماتیک برکه تثبیت فاضلاب شهر یزد در شکل ۱ و مشخصات آنها در جدول ۱ آمده است.

یکی از عمده‌ترین منابع آلوده کننده آبهای پذیرنده در بیشتر کشورهای در حال توسعه، فاضلابهای شهری هستند. استفاده از دترجنت‌ها در مصارف خانگی و صنعتی باعث افزایش این مواد در فاضلابهای شهری و صنعتی شده است [۲]. به طور کلی دترجنت‌ها، گروهی از مواد شیمیایی هستند که خصوصیت پاک کنندگی دارند. این ترکیبات دارای یک گروه قطبی آبدوست و یک شاخه هیدروکربنی غیر قطبی آبریز هستند [۳]. اجزای متشکله



شکل ۱- شماتیک برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد

جدول ۱- مشخصات برکه‌ها

برکه اختیاری اولیه و ثانویه		برکه بی‌هوایی	
مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر
۰/۷۵ متر	ارتفاع آزاد هر استخر	۵ روز	زمان ماند هیدرولیکی در استخرها در انتهای دوره طرح
۱۰۳×۲۳۹ متر	ابعاد سطح بالایی هر استخر	۵ متر	عمق آبگیر هر استخر
۲۲۱/۷۵×۸۵/۷۵ متر	ابعاد کف هر استخر	۰/۷۵ متر	ارتفاع آزاد هر استخر
۱۰۳×۲۳۹ متر	ابعاد سطح بالایی هر استخر	۱۰۳×۲۳۹ متر	ابعاد سطح بالایی هر استخر
۱۰۷۱۶۹ متر مکعب	حجم آبگیر هر استخر	۸۵/۷۵×۲۲۱/۷۵ متر	ابعاد کف هر استخر
بتن	جنس دیواره استخرها	حداقل هر ۱۰ سال یک مرتبه	پریود زمانی تخلیه لجن در استخرهای بی‌هوایی
آسفالت	جنس کف استخرها	۱ به ۱/۵ (قائم به افقی)	شیب دیواره‌ها
۱ به ۱/۵ (قائم به افقی)	شیب دیواره‌ها	بتن	جنس دیواره استخرها
		آسفالت	جنس کف استخرها
		۱۰۷۱۶۹ متر مکعب	حجم آبگیر هر استخر
		۴۰ درصد	درصد کاهش BOD ₅ در استخرهای بی‌هوایی
		۴۰ درصد	درصد کاهش SS در استخرهای بی‌هوایی

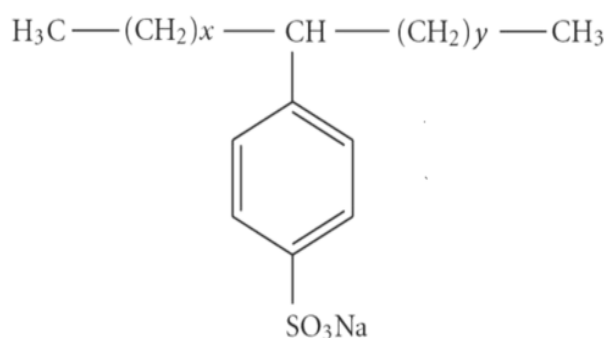
۲- مواد و روشها

این پژوهش، یک مطالعه توصیفی-تحلیلی پیرامون بررسی فاضلاب ورودی به برکه‌های تثبیت شهر یزد بود. در این پژوهش به منظور تعیین میزان کارایی برکه‌های تثبیت در حذف سورفاکتانت LAS، اقدام به نمونه برداری مرکب و سپس انجام آزمایش گردید. نمونه‌ها طی ۴ فصل متوالی برداشته شد. نمونه‌گیری به منظور آنالیز شیمیایی با استفاده از ظروف مخصوص نمونه برداری فاضلاب از قسمت‌های ورودی تصفیه‌خانه، خروجی بی‌هوازی، خروجی اختیاری اولیه و خروجی اختیاری ثانویه انجام شد. پارامترهای pH، DO (اکسیژن محلول)، EC (هدایت الکتریکی) و دما در محل اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در مجاورت ظرف حاوی یخ به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی یزد انتقال داده شد. به منظور تعیین مقدار سورفاکتانت‌های آنیونی از روش متیلن بلو (MBAS)^۴ استفاده شد. کلیه شرایط نمونه برداری و انجام آزمایش‌ها بر اساس رهنمودهای کتاب استاندارد متد صورت گرفت [۱۷]. به منظور بررسی عملکرد این تصفیه‌خانه در حذف LAS، پارامترهای مورد سنجش در پساب خروجی با معیارها و استانداردهای زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی برای دفع یا استفاده مجدد از پسابها مقایسه گردید [۱۸ و ۱۹]. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزار Excel 2007 و همچنین به منظور مقایسه نتایج با مقادیر استاندارد از آزمون آماری T-Test با استفاده از نرم‌افزار SPSS Ver. 11.5 استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

در دوره زمانی یک‌ساله، نمونه برداری از هر برکه ۱۶ بار انجام شد که میانگین نتایج حاصل از آزمایش‌ها در جدول ۲ آورده شده است. مطابق شکل ۲، درجه حرارت محیط در محدوده ۲۰ تا ۲۶ درجه سلسیوس و غلظت اکسیژن محلول ورودی تصفیه‌خانه و خروجی بی‌هوازی صفر بود. غلظت اکسیژن در خروجی اختیاری اولیه و ثانویه افزایش یافت و مقدار آن به ترتیب ۴/۸ و ۶/۵۲ میلی‌گرم در لیتر رسید. هدایت الکتریکی در پساب خروجی نسبت به ورودی افزایش داشت و مقدار آن برابر با ۲۳۹۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود. پارامتر pH در حدود ۸/۵-۸ بود. میانگین سالیانه غلظت LAS در ورودی تصفیه‌خانه ۸/۲۱ میلی‌گرم در لیتر بود و در خروجی برکه اختیاری ثانویه به ۳/۶۱ میلی‌گرم در لیتر رسید. از مهم‌ترین دلایل نوسان غلظت دترجنت ورودی در فصول مختلف می‌توان به تغییرات میزان مصرف شوینده‌ها در منازل، تخلیه

آبزی می‌شود. از دیگر اثرات زیانبار سورفاکتانت‌ها می‌توان به تخریب و انهدام اکوسیستم‌ها، وقوع پدیده اوتریفیکاسیون به لحاظ افزایش فسفات، عدم تجزیه پذیری مناسب و ایجاد واکنش فیزیولوژیکی در مصرف کنندگان آب آلوده، اشاره کرد. سورفاکتانت‌ها با ایجاد کف زیادی بر سطح آب، مانع رسیدن نور به درون آب و پدیده حیاتی فتوسنتز می‌شوند. شوینده‌ها قادرند حالت و کیفیت پروتئین را تغییر دهند و در نتیجه ویروس‌ها را غیر فعال سازند و متابولیسم باکتری‌ها را مختل کنند و موجب کندی اعمال آنها گردند. غشای میکروارگانیسم‌ها تحت تأثیر شوینده‌ها پاره شده و موجب از بین رفتن آنزیم‌ها می‌شود. همچنین فعالیت آنزیم‌های مؤثر در اعمال تنفسی باکتری‌ها کند و دچار اختلال می‌گردد [۸-۱۱]. آلکیل بنزن سولفانات خطی^۱ بزرگ‌ترین گروه سورفاکتانت‌های آنیونی است که حدود ۹۰ تا ۹۷ درصد، توسط باکتری‌ها تجزیه می‌شود و مقادیر آن در فاضلاب خانگی ۳ تا ۲۱ میلی‌گرم در لیتر است. فرمول ساختمانی LAS در شکل ۲ آمده است [۱۲ و ۱۳].



شکل ۲- فرمول ساختمانی LAS [۱۳]

آژانس حفاظت محیط زیست^۲ در سال ۱۹۸۹ حداکثر غلظت ثانویه عوامل کف کننده را ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر توصیه نموده و سازمان بهداشت جهانی^۳ در سال ۱۹۸۴ عنوان نمود که هیچ عامل کف کننده‌ای نباید در آب خام وجود داشته باشد. حداکثر مقدار سورفاکتانت در آب آشامیدنی ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر ذکر شده است. در میان شوینده‌های سنتتیک، سورفاکتانت‌های LAS بیشترین میزان تولید را داشته‌اند که حدود ۱۸ درصد از مجموع کل سورفاکتانت‌ها را شامل می‌شود. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سال ۱۳۷۵، حداکثر مجاز شوینده‌ها را ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر در آب آشامیدنی تعیین نمود [۱۴، ۱۵ و ۱۶].

¹ Liner Alkyl Benzene Sulfonate (LAS)

² Environmental Protection Agency (EPA)

³ World Health Organization (WHO)

⁴ Methylene Blue Active Substances (MBAS)

می‌یابد. میانگین درصد افزایش غلظت در خروجی برکه بی‌هوای ۹/۶۸ درصد، بیشترین مقدار آن در فصل زمستان ۱۴/۰۸ درصد و کمترین مقدار آن در فصل پاییز ۵/۲۲ درصد بود.

مطابق جدول ۳ راندمان حذف سورفاکتانت‌های آنیونی در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر ۶۷ و ۶۰/۹ و ۲۷ و ۳۵/۵ بود. بیشترین راندمان حذف سورفاکتانت‌های آنیونی در این برکه‌ها در فصل تابستان و کمترین مقدار آن در فصل پاییز بود. میانگین سالیانه درصد حذف برابر با ۵۰ به دست آمد.

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت LAS فاضلاب ورودی و پساب

خروجی و راندمان حذف در فصول مختلف سال بر حسب میلی‌گرم در لیتر

فصول نمونه برداری	LAS (mg/L)		راندمان حذف (درصد)
بهار	۸/۷	۳/۴۰	۶۰/۹
تابستان	۹/۱۵	۳/۰۲	۶۷
پاییز	۴/۱۷	۳/۰۴	۲۷
زمستان	۱۰/۸۵	۷	۳۵/۵
میانگین سالیانه	۸/۲۱	۴/۱۱	۵۰

مقایسه میانگین LAS در فصلهای مختلف سال با استاندارد محیط زیست ایران در شکل ۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار سورفاکتانت آنیونی خروجی در فصلهای بهار، تابستان و پاییز حدود دو برابر مقدار مجاز تخلیه در آبهای سطحی و در حدود شش برابر مقدار مجاز برای استفاده در مصارف کشاورزی و تخلیه به چاه جاذب بوده است. در فصل زمستان مقدار خروجی به بیش از دو برابر سایر فصول رسید و به همین نسبت، تجاوز آن از حد استاندارد افزایش یافت. همچنین نتایج آزمون‌های آماری حاصل از این تحقیق نشان داد که بین میانگین سورفاکتانت‌های آنیونی پساب خروجی از برکه‌های تثبیت یزد و استاندارد محیط زیست ایران برای تخلیه به آبهای سطحی (۱/۵ mg/L)، آبیاری کشاورزی (۰/۵ mg/L) و تخلیه به چاه جاذب (۰/۵ mg/L) اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P. value < ۰/۰۵).



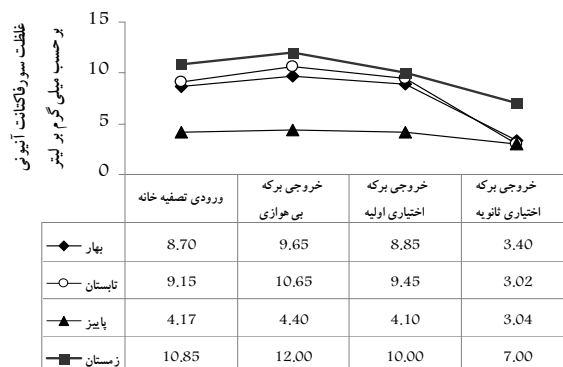
شکل ۴- مقایسه میانگین LAS در فصول سال با استاندارد محیط زیست ایران

فاضلابهای صنعتی به‌ویژه صنایع نساجی و تغییرات غلظت در طول شبکه و خط انتقال فاضلاب اشاره نمود. نوسانات غلظت سورفاکتانت در نقاط مختلف نمونه‌برداری در چهار فصل متوالی در شکل ۳ آمده است. بررسی تغییرات فصلی نشان می‌دهد که در ورودی تصفیه‌خانه، خروجی برکه بی‌هوای، خروجی برکه اختیاری اولیه و خروجی برکه اختیاری ثانویه یعنی خروجی نهایی، بیشترین غلظت سورفاکتانت‌های آنیونی در فصل زمستان و کمترین غلظت در این نقاط به جز خروجی ثانویه، در فصل پاییز بوده است. حداکثر مقدار غلظت سورفاکتانت آنیونی در ورودی برابر با ۱۰/۸۵ میلی‌گرم در لیتر در زمستان و در خروجی برابر با ۳/۰۲ میلی‌گرم در لیتر در تابستان بود.

جدول ۲- میانگین LAS، مشخصات و خصوصیات نمونه‌های فاضلاب

در طول مدت یک‌سال

پارامتر محل نمونه برداری	دما (درجه سلسیوس)	اکسیژن محلول (mg/L)	pH	LAS (mg/L)
ورودی تصفیه‌خانه	۲۳/۳۶	۰	۸/۱۲	۷/۵
خروجی بی‌هوای	۲۲/۰۷	۰	۸/۵۰	۸/۱۸
خروجی اختیاری اولیه	۱۹/۹۱	۴/۸۰	۸/۸۶	۷/۳۰
خروجی اختیاری ثانویه		۶/۵۲	۸/۷۰	۳/۶۱



شکل ۳- تغییرات فصلی سورفاکتانت آنیونی در نقاط مختلف نمونه برداری

تغییرات غلظت سورفاکتانت آنیونی در نقاط مختلف نمونه برداری نشان داد که مقدار آن در ابتدا روند صعودی و سپس نزولی داشته است. چنانچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود در تمامی فصول، غلظت سورفاکتانت در خروجی برکه بی‌هوای افزایش یافته و سپس در خروجی برکه اختیاری اولیه و ثانویه کاهش

غلظت LAS در ورودی برکه‌ها در فصول مختلف نوسان داشت، به طوری که در زمستان به حداکثر و در پاییز به حداقل مقدار خود رسید. عواملی نظیر تغییر شرایط آب و هوایی، نوع آداب و رسوم مردم، تخلیه فاضلابهای صنعتی، تجزیه بیولوژیکی LAS در مسیر انتقال به تصفیه‌خانه فاضلاب، نوسانات دبی فاضلاب را می‌توان از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییر غلظت فاضلاب ورودی به برکه‌های تثبیت دانست. نتایج حاصله نشان داد که مقدار سورفاکتانت آنیونی در تمامی فصول، در خروجی از برکه‌های بی‌هوازی بیش از مقدار آن در فاضلاب ورودی بود که این افزایش در زمستان بیش از سایر فصول به چشم می‌خورد.

با توجه به اینکه تعداد روزهای آفتابی و درجه حرارت از پارامترهای مهم مؤثر بر راندمان حذف در برکه‌های تثبیت به‌شمار می‌روند، می‌توان این پارامترها را دلیل راندمان پایین در فصل زمستان بیان کرد. از طرفی فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تجزیه و تبدیل مواد در اثر دخالت آنزیم‌ها منجر به تولید اسیدهای آلی و غیر آلی و CO_2 می‌شود که در نهایت pH را کاهش می‌دهد. کاهش مقدار pH می‌تواند در انحلال و رهاسازی LAS مؤثر باشد [۱۷ و ۱۸].

نتیجه مطالعه پنگ و همکاران در سال ۲۰۰۷ بر روی حذف فسفر به وسیله برکه‌های تثبیت نشان داد که pH محتویات برکه بر میزان فسفر مؤثر است به طوری که در pH بین ۷ تا ۸ بیشترین میزان حذف فسفر اتفاق می‌افتد [۱۹].

چنانچه نتایج نشان می‌دهد، میزان هدایت الکتریکی در پساب خروجی افزایش یافته است زیرا فاضلاب ورودی به برکه‌ها، زمان طولانی را طی می‌کنند تا خارج شوند و از طرفی بالا بودن میزان تبخیر در شهر یزد، منجر به تبخیر آب و باقی ماندن نمکها می‌گردد و در نتیجه میزان هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد. مقایسه میزان DO و سورفاکتانت‌های آنیونی در جدول ۱ نشان می‌دهد که بین میزان سورفاکتانت‌های آنیونی و DO در شرایط هوازی در برکه‌های اختیاری اولیه و ثانویه رابطه معکوس وجود دارد. به طوری که هر چه مقدار سورفاکتانت‌های آنیونی بیشتری در برکه‌ها وجود داشته باشد، میزان اکسیژن محلول کمتری وجود خواهد داشت زیرا این مواد می‌توانند بر روی سطح فاضلاب قرار گرفته و از تبادل اکسیژن میان برکه و جو جلوگیری نمایند. هر چه در برکه‌ها حذف سورفاکتانت‌ها بیشتر صورت گیرد، میزان اکسیژن محلول افزایش می‌یابد. مطالعات مارتین و همکاران در سال ۱۹۹۶ نشان داد که

۷- مراجع

- 1- Mozaheb, S. A., Fallahzadeh, M., Ghaneian, M. T., and Rahmani Shamsi, J. (2009). "Effect of organic load, pH and EC variations of raw wastewater and weather condition on the efficiency of Yazd stabilization ponds." *J. of Water and Wastewater*, 70, 55-61. (In Persian)

سورفاکتانت‌ها می‌توانند ضریب هوادهی را به کمتر از ۵۵ درصد و ضریب انتقال اکسیژن را به کمتر از ۲۰ درصد کاهش دهند [۲۰]. مقایسه آنالیز فصلی نتایج با استانداردهای محیط زیست ایران نشان می‌دهد که غلظت سورفاکتانت‌های آنیونی پساب برکه‌های تثبیت بالاتر از حد مجاز استانداردهای محیط زیست ایران است و توصیه می‌شود برای استفاده مجدد یا تخلیه پساب خروجی دقت لازم به عمل آید.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که:

- ۱- غلظت سورفاکتانت در فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه در فصول مختلف متغیر است.
- ۲- در سیستم برکه‌های بی‌هوازی، غلظت LAS در خروجی نسبت به ورودی افزایش می‌یابد و در فصل زمستان این افزایش بیش از سایر فصول خواهد بود.
- ۳- مقدار هدایت الکتریکی به دلیل تبخیر زیاد در خروجی سیستم نسبت به ورودی آن افزایش می‌یابد.
- ۴- بین غلظت سورفاکتانت و اکسیژن محلول رابطه معکوس وجود دارد.

۵- پیشنهادات

تشویق و فرهنگ‌سازی در بین مردم به منظور مصرف بهینه پاک‌کننده‌ها و در نتیجه کاهش تولید سورفاکتانت‌های آنیونی در فاضلاب، حمایت از صنایع تولیدکننده دترجنت‌های نرم و تشویق صنایع به استفاده از دترجنت‌های نرم در چرخه تولید، به‌کارگیری واحد پیش تصفیه جداگانه فاضلاب برای واحدهای تولید پودر شوینده و واحدهایی که مواد غیر قابل تجزیه و کف ساز تولید می‌نمایند و بهبود وضعیت بهره‌برداری سیستم و ارتقاء فرایند تصفیه فاضلاب پیشنهاد می‌گردد.

۶- قدردانی

به این وسیله از همکاران محترم شرکت آب و فاضلاب شهر یزد، مهندس اکرمی و صالحی، همچنین مسئول آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت یزد، خانم مهندس طالبی تشکر و قدردانی می‌گردد.

- 2- Mahvi, A. H., Alavi Nakhjavan, N., and Naddafi, K. (2004). "A survey on detergent removal in Qods township wastewater treatment plant based on activated sludge method." *J. of Gonabad University of Medical Sciences*, 10 (2), 35-42. (In Persian)
- 3- Guang Guo, Y. (2004). "Behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment." *International J. of Environment*, 32, 417-431.
- 4- Imandel, K. (1989). *A survey on detergent of linear and nonlinear alkyl benzene sulfonate in environmental*, Tehran University. (In Persian)
- 5- Tchobanoglous, G., and Btron, F. (2004). *Wastewater engineering*, 4th Ed., McGraw Hill, Metclf and Eddy Inc., New York.
- 6- Perkowski, J., and Jozwiak, W. (2006). "Application of fentons, reagent in detergent separation in highly concentrated water solutions." *J. of Fibers and Textiles*, 14(5), 59.
- 7- Kowalska, I. (2008). "Surfactant removal from water solutions by means of ultrafiltration and ion exchange." *Desalination*, 221, 351-357.
- 8- Tadros ,T. H. (2005). *Applied surfactants: Principles and application copyright*, 1st Ed., Wiley-VCH Verlag, Wienhiem.
- 9- Nori, G., and Shahriary, A. (2001). *A survey of anionic detergent in environmental pollution*, Islamic Azad University. (In Persian)
- 10- Roshani, B., Shahmansouri, M. R., and Mohamadi, A. (2003). "A survey of detergent wastewater treatment industry by coagulation process in laboratory scale." *J. of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*, 13 (1), 62-65.
- 11-Mousavi, S. A., Mahvi, A. H., Mesdaghinia, A., Naseri, S., and Honari, H. R. (2010). "Fenton oxidation efficiency in removal of detergents from water." *J. of Water and Wastewater*, 72, 16-23.
- 12- Salvato, J., Nemerow, N., and Agardy, F. (2003). *Environmental engineering*, 5th Ed., John Wily Inc., USA.
- 13- Sharvelle, S., Lattyak, R., and Banks, M. (2007). "Evaluation of biodegradability and biodegradation kinetics for anionic, nonionic, and amphoteric surfactants." *J. of water, Air and soil pollut.*, 183, 177-186.
- 14- Chunlong, Z. (2007). *Fundamentals of environmental sampling and analysis*, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
- 15- Institute of standard and Industrial Research of Iran. (1996). *Physical and chemical characteristics of drinking water*, 5th Ed., Tehran. (In Persian)
- 16- Management and Planning Organization (2000). *The effect as a result of industrial and mining from the view point of statistics*, Tehran.
- 17- Bitton, G. (2005). *Wastewater microbiology*, 3rd Ed., John Wiley and Sons Inc., New Jersey.
- 18- Mara, D. (1998). *Guide for design of stabilization ponds in Iran*, Water and Wastewater Eng. Co., Tehran.
- 19- Peng , J. F., Wang , B. Z., Song, Y., Yuan, P., and Liu, Z. (2007). "Adsorption and release of phosphorus in the surface sediment of a wastewater stabilization pond." *Eco . Eng.*, 31, 3192-3197.
- 20- Martin, W., and Johannes, H. (1996). "Surface active agents and their influence on oxygen transfer." *Wastewater Technology*, 34 (3), 249-256.